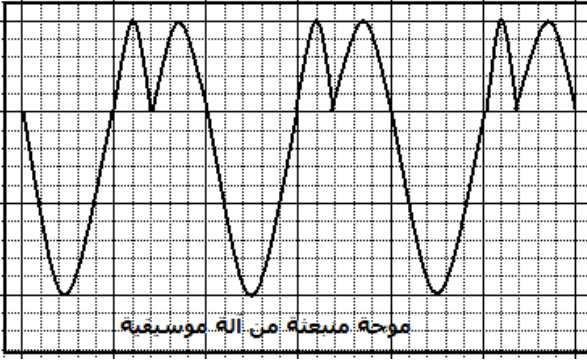


## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

### الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية Les ondes mecaniques progressives periodiques



#### I – الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية النشاط التجريبي 1 الموجات الصوتية

بواسطة راسم التذبذب و ميكروفون نعاين موجتين صوتيتين:

– موجة منبعثة من آلة موسيقية :

– موجة منبعثة من مرنان Diapason

1 – هل هذه الموجات دورية ؟

الموجة المنبعثة من آلة موسيقية دورية

ونفس الشيء بالنسبة

للموجة المنبعثة من المرنان .

الموجات الصوتية موجات ميكانيكية متوالية ودورية .

لأن التشوه الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار يتغير بشكل دوري مع الزمن .

2 – قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصلين .

الموجة المنبعثة من الآلة الموسيقية موجة ميكانيكية

متوالية دورية بينما الموجة المنبعثة من المرنان هي

موجة متوالية دورية **جيبية** . لأن تغير التشوه هو

عبارة عن دالة زمنية بالنسبة للزمن  $t$  .

3 – علما أن زر الحساسية الأفقية لراسم التذبذب

ضبط على القيمة  $0,5ms$  ،

أحسب الدور  $T$  لكل من الموجتين الصوتيتين

واستنتج تردد الموجة الصوتية

المنبعثة من المرنان .

\* الموجة الصوتية المنبعثة من الآلة الموسيقية :

$$T=2,0,5 \cdot 10^{-3}s=10^{-3}s$$

\* الموجة المنبعثة من المرنان :  $T=2 \cdot 10^{-3}s$  .

نسمي  $T$  بالدورية الزمنية للموجة الميكانيكية المتوالية .

#### II – الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

##### 1 – الدورية المكانية لموجة صوتية

نشاط تجريبي :

يعطي الباعث  $E$  موجات فوق صوتية متوالية وجيبية ، بحيث ضبط تردده على قيمة تساوي  $N=40kHz$  .

نضع المستقبلين  $R_1$  و  $R_2$  جنبا إلى جنب .

نثبت المستقبل  $R_1$  و نبعد المستقبل  $R_2$  من الباعث  $E$  طول المسطرة المدرجة ، ماذا نلاحظ على

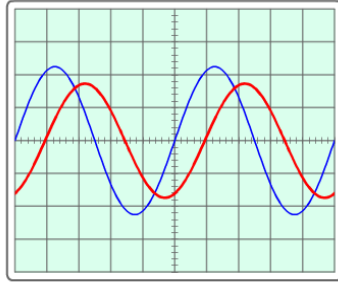
شاشة راسم التذبذب :

1 – عندما يكونا المستقبلين جنبا إلى جنب ؟

2 – عندما نبعد المستقبل  $R_2$  من الباعث بشكل تدريجي ؟

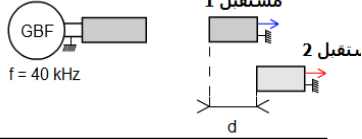
## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

عندما يكونا المستقبلين جنباً إلى جنب نلاحظ :  
عندما نبعث المستقبل  $R_2$  من الباعث بشكل تدريجي ، نلاحظ

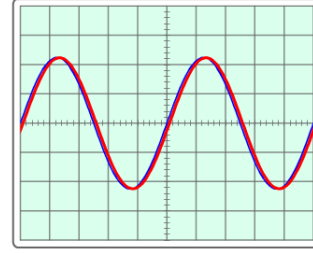


$b = 5 \mu\text{s/div}$

باعث لموجات  
فوق صوتية

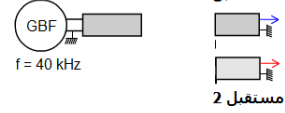


عندما نبعث المستقبل 2 عن الباعث أفقياً نلاحظ أن المنحنى 2 يتراج أفقياً وأن هذا الإنترياج يزداد و المسافة  $d$



$b = 5 \mu\text{s/div}$

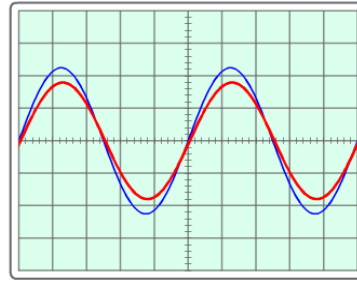
باعث لموجات  
فوق صوتية



المنحنيين 1 و 2 على توفيق ، يأخذان نفس القيمة القصوية والذنوية

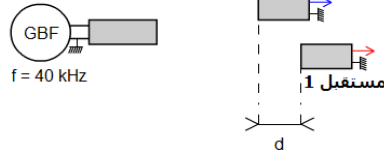
نتابع إبعاد المستقبل  $R_2$  عن الباعث

إلى أن يصبح المنحنيين على توافق في الطور مرة ثانية ، ثم مرة ثالثة فنلاحظ :



$b = 5 \mu\text{s/div}$

باعث لموجات  
فوق صوتية



نتابع إبعاد المستقبل 2 عن الباعث إلى أن يصبح المنحنيين 1 و 2 على توافق في المرة الثانية بحيث أن  $d_1=8,6\text{mm}$  وفي المرة الثالثة تكون  $d_2=17,2\text{mm}$  و  $d_3=25,6\text{mm}$

$$d_1 = \lambda$$

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

يلاحظ أن  $d_3 = 3\lambda$  و  $d_2 = 2\lambda$

نستنتج أن المنحنيين يكونا على توافق في الطور عندما تكون المسافة الفاصلة بين المستقبلين مضاعف ل  $\lambda$  . والتي تلعب دور ، **الدورية المكانية** وبالتالي فإن الموجة الصوتية لها كذلك دورية مكانية  $\lambda$  تسمى **بطول الموجة** :  
خلاصة :

**للموجة الصوتية المتوالية الجيبية دورية مزدوجة :**

– دورية زمانية  $T$

– دورية مكانية  $\lambda$  تسمى **بطول الموجة**

2 – **الدور وطول الموجة والتردد**

النشاط التجريبي 2

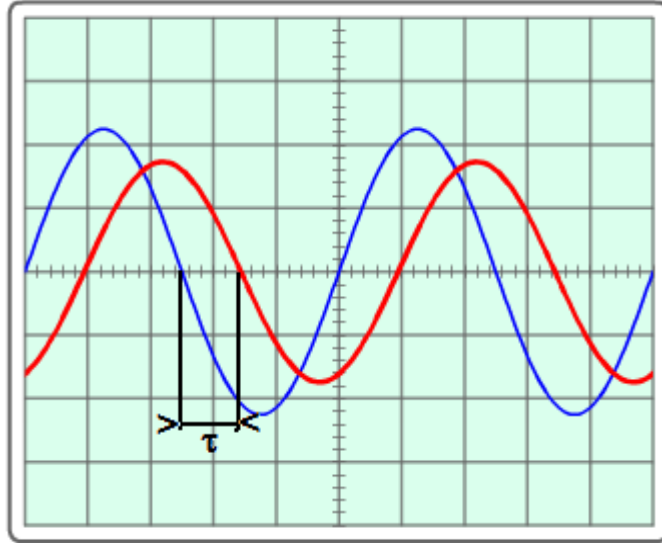
عندما نزيح المستقبل  $R_2$  بالمسافة  $d$  عن المستقبل  $R_1$  فإن  $R_2$  يلتقط الموجة الصوتية

بتأخر زمني  $\tau$  بالنسبة ل  $R_1$  وباعتبار  $V$  سرعة انتشار الموجة لدينا العلاقة  $V = d/\tau$

عندما يكون هذا التأخر الزمني  $\tau = T$  فإن  $d = \lambda$  وبالتالي فإن  $V = \lambda/T$  أي أن :

$$\lambda = V \cdot T$$

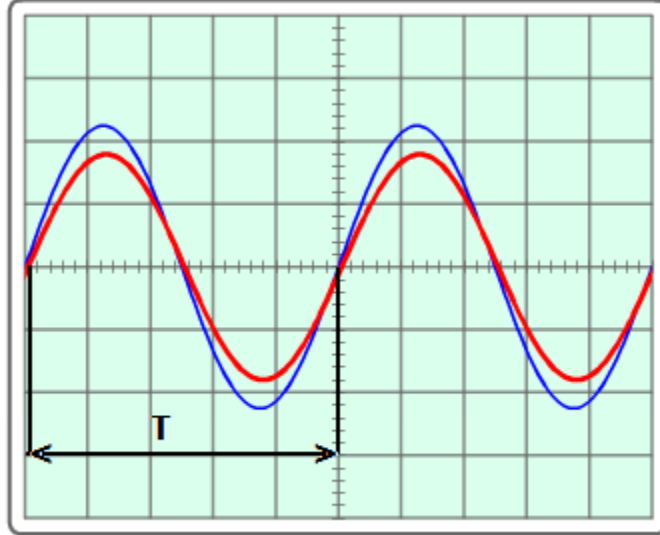
من خلال الشكل :



$b = 5 \mu\text{s/div}$

لدينا  $d = V \cdot \tau$

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية



$$b = 5 \mu\text{s/div}$$

لدينا :  $\lambda = v \cdot T$

**تعريف طول الموجة  $\lambda$  :**

**نعرف طول الموجة  $\lambda$  بالمسافة المقطوعة من طرف الموجة خلال الدور  $T$  :  $\lambda = v \cdot T$**

**ملحوظة :**

تتعلق سرعة انتشار موجة بوسط الانتشار ،  
بالمقابل فإن التردد  $N$  أو الدور  $T$  لا يتعلق بوسط الانتشار  
وبما أن  $\lambda = v \cdot T = v / N$  ، فإن طول الموجة تتعلق بالسرعة وبالتالي بوسط الانتشار .

### 3 - خاصيات موجة دورية على سطح الماء

1 - دراسة تجرسة : الموجة المتوالية الدورية على سطح الماء .

1 - 1 الموجة المتوالية الدائرية

تجربة :

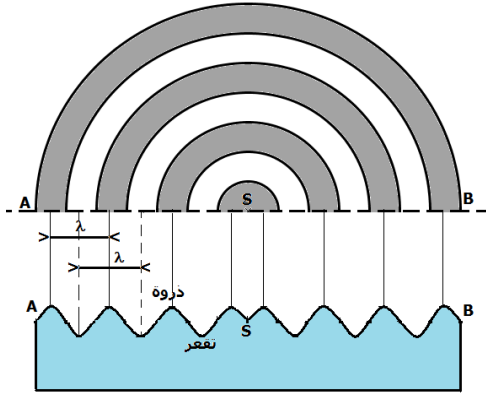
في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ،

نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ،

حركة اهتزازية دائمة أو مصونة ترددها 100Hz .

وتفاديا لانعكاس الموجة نكسو جوانب الحوض

بالقطن التي يمتصها .



## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

نضيء سطح الماء بوماض ، ما هو الوماض ؟  
هو جهاز إلكتروني يصدر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية  $T_e$  ، ويحتوي على زر يمكن من تغيير وضبط تردد الومضات  $N_e$  .

عندما نضبط التردد  $N_e$  للومضات على أكبر قيمة نلاحظ توقف ظاهري للظاهرة . في هذه الحالة تردد الومضات هو تردد الحركة الاهتزازية .

$$N = kN_e$$

عندما نغير قيمة تردد الوماض قليلا بالنسبة للقيمة  $N_e$  :  $N_e + \varepsilon$  و  $N_e - \varepsilon$

$N_e - \varepsilon$  نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة في منحنى انتشار الموجة

$N_e + \varepsilon$  نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة في المنحنى المعاكس لمنحنى انتشار الموجة

بصفة عامة : عندما تكون لدينا حركة ظاهرية بطيئة :  $N_a = N - N_e$

$N$  : تردد الظاهرة الإهتزازية

$N_e$  : تردد الوماض

$N_a$  : التردد الظاهري للحركة الاهتزازية

1 - ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

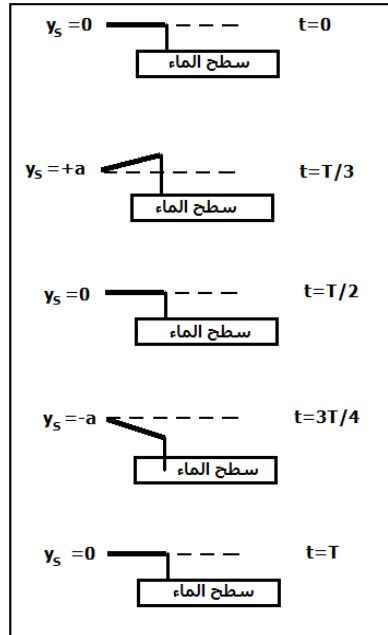
نلاحظ على سطح الماء تموجات دائرية تنشأ عند رأس المسمار وتنتشر على سطح

الماء . لدينا موجات ميكانيكية متوالية دورية

1 - 2 نضيء سطح الماء باستعمال الوماض حيث نضبط تردده على أكبر قيمة  $N_e = 100\text{Hz}$  يمكننا من الحصول على التوقف الظاهري للموجات الدائرية والمسمار .

بين أن حركة كل نقطة  $M$  من سطح الماء لها حركة جيبية ، ترددها مساو لتردد المسمار المتصل بالهزاز الكهربائي .

المنبع  $S$  له استطالة دورية دورها  $T$  وحركتها حركة مستقيمة رأسية محصورة بين  $-a$  و  $+a$

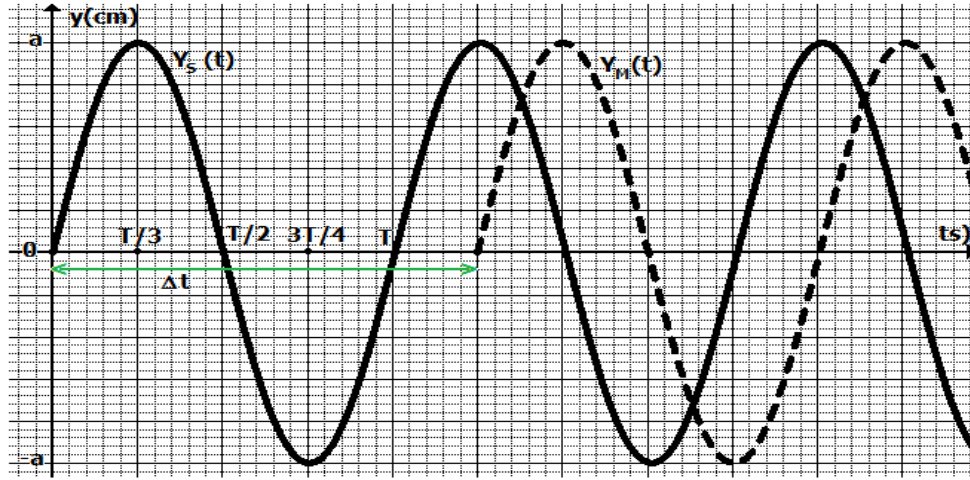


## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

أي أن الدالة  $Y_s = f(t)$  دالة جيبية بالنسبة للزمن  $t$ ، نفس الشيء بالنسبة لجميع النقاط المنتمية لسطح الماء فهي تعيد نفس حركة المنبع  $S$  بتأخر زمني . نقول أن الموجة المتوالية جيبية

$$T_M = T_e = T$$

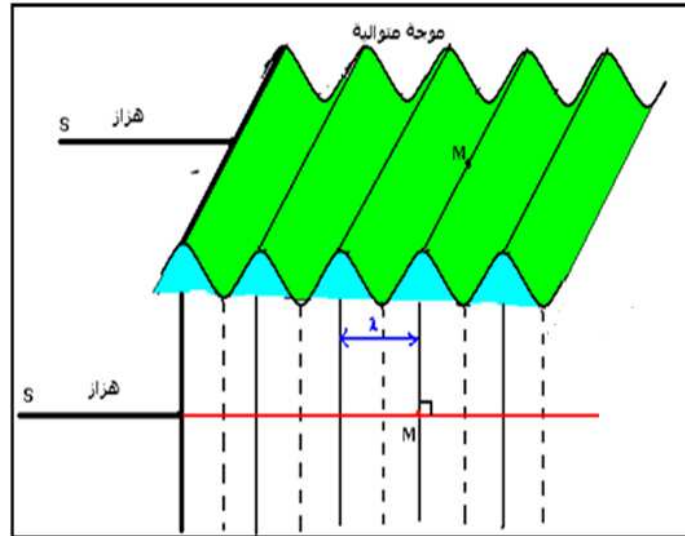
3 - 1 مثل على ورق مليمترى الدالة  $Y_s = f(t)$  و  $Y_M = g(t)$



**خلاصة : الدورية الزمانية**

للموجة المتوالية على سطح الماء دورية زمانية  $T_M$  تساوي دور المنبع  $S$  أي أن  $T_M = T_S$ . وهذا الدور  $T_S$  يساوي دور الوماض  $T_e$  في حالة توقف ظاهري للموجة .

**2 - 1 الموجة المتوالية المستقيمة**



## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

### تجربة

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ،  
نحدث بواسطة صفيحة أفقية متصلة بهزاز كهربائي  
حركة اهتزازية دائمة ترددها 100Hz. ونقاربا لانعكاس الموجة ، نكسو جوانب الحوض بالفطن يمكن  
من امتصاصها .عند ضبط الوماض على 100Hz

**نلاحظ توقف ظاهري للموجات المتوالية المستقيمة . المسافة الفاصلة بين قمتين  
متتاليتين أو قعرين متتالين تبقى ثابتة ، تمثل هذه المسافة الدورية المكانية  $\lambda$**

للموجة المتوالية الدورية على سطح الماء دورية مزدوجة :

– الدورية الزمنية T

– الدورية المكانية  $\lambda$

تمرين تطبيقي :

نشغل البرنم ونضبط تردد سقوط قطرة الماء ووسعها .

نقيس المدة الزمنية المستغرقة خلال سقوط خمس قطرات .

استنتج دور الموجة المنتشرة على سطح الماء

وطول الموجة  $\lambda$

استنتج سرعة انتشار الموجة على سطح الماء

### 4 \_ الموجة الميكانيكية المتوالية الحسية طول الحبل :

#### النشاط التحريبي 2 الموجات الميكانيكية طول الحبل

تتحرك شفرة معدنية تحت تأثير كهرومغناطيس بتردد  
100Hz . يتكون وسط الانتشار من حبل مشدود تيث  
أحد طرفيه بنهاية الشفرة ، بينما يوضع الطرف الثاني  
في كأس به ماء لامتصاص الموجة .

نضيء الخيط بواسطة الوماض ونضبط التردد N

للموجات على أكبر قيمة تمكن من ملاحظة توقف

ظاهري للحبل في هذه الحالة تردد الوماضات هو

تردد حركة الحبل .

### 1 – تعريف بالموجة المتوالية الجيبية

الشكل أسفله يمثل مظهر الحبل في لحظة t

بالسلم الحقيقي . بحيث يكون على شكل جيبية

(دالة جيبية ) والتي تمثل مظهر الحبل في

لحظة t

– الشكل جانبه يمثل مظهر الحبل في لحظة t

بالسلم الحقيقي . بحيث يكون على شكل جيبية  $f(x)$ :

(دالة جيبية ) والتي تمثل مظهر الحبل في لحظة t .

يتميز هذا المنحنى بدورية مكانية تسمى طول

### الموجة ويرمز لها ب $\lambda$

4 – مثل على ورق مليمتري مظهر الحبل في اللحظات

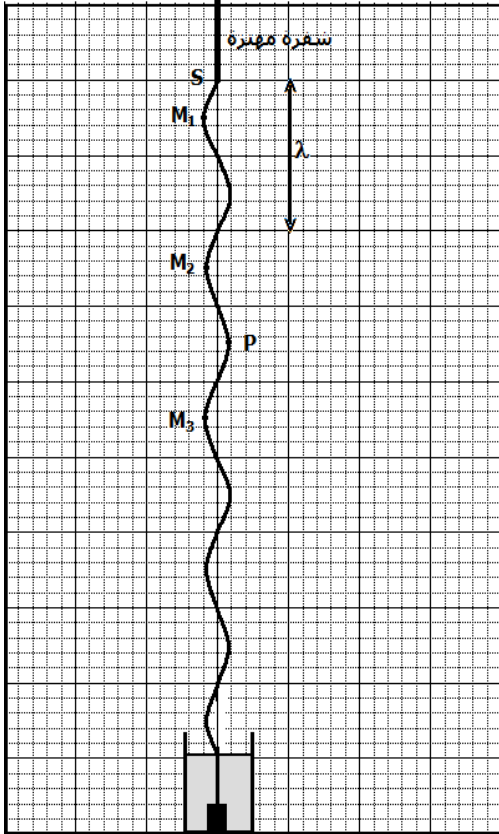
التالية :

– t = 0

– t = T / 4

– t = T / 2

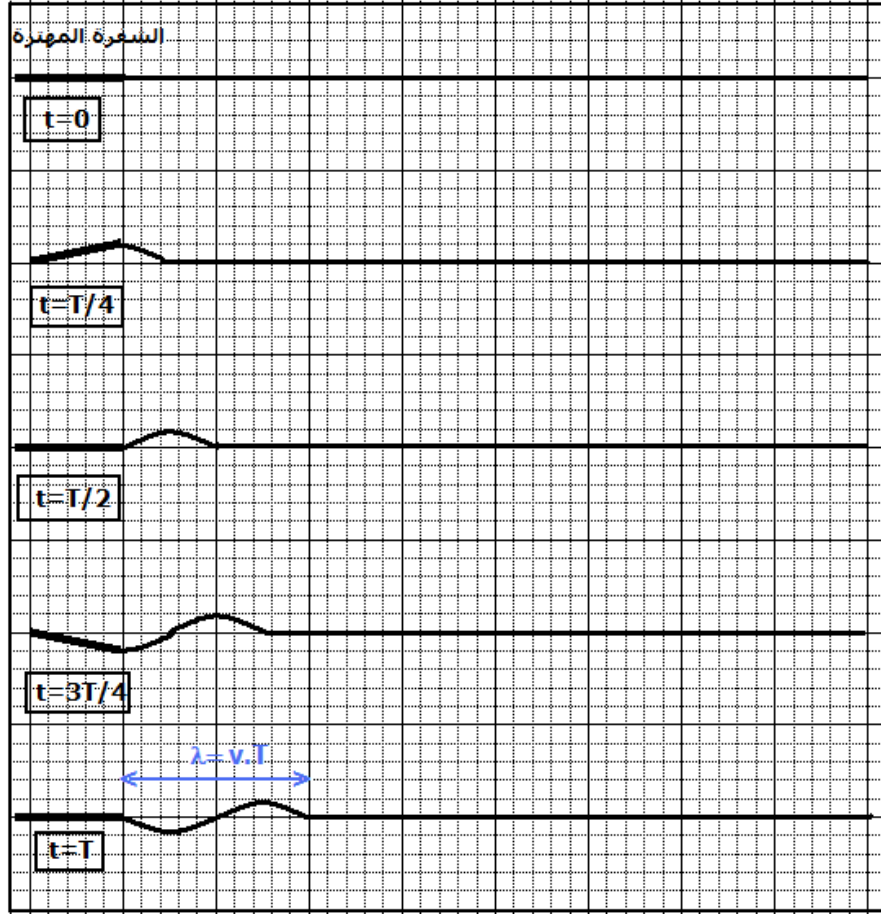
– t = 3T / 4



## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

$$t = T$$

بحيث أن  $T$  دور المنبع (الشفرة المهتزة) .  
مظهر في اللحظات التالية أعلاه :



5 \_ أحسب المسافة التي تقطعها الموجة المتوالية الجيبية خلال المدة الزمنية  $\Delta t = T$

6 \_ قس المسافتين  $M_1M_2$  و  $M_1P$  و  $M_1M_3$

$$M_1M_3 = 8\text{cm} \text{ و } M_1P = 7\text{cm} \text{ و } M_1M_2 = 4\text{cm}$$

7 \_ قارن الحالات الاهتزازية للنقط  $M_1$  ،  $M_2$  ،  $M_3$  .

هذه النقط لها نفس الحركة الاهتزازية .

8 \_ أكتب المسافات  $M_1M_2$  و  $M_1P$  و  $M_1M_3$  بدلالة  $\lambda$  .

$$\text{حسب الشكل } \lambda = 4\text{cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$M_1M_2 = \lambda \text{ و } M_1M_3 = 2\lambda \text{ و } M_1P = 3\lambda/2$$



## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

صفة عامة إذا كانت المسافة التي تفصل بين نقطتين M و N من الحبل تساوي عددا صحيحا لطول الموجة  $\lambda$  أي أن

$$SN - SM = k\lambda \quad k \in \mathbb{N}^*$$

فإن النقطتين تهتزتان على توافق في الطور .  
وإذا كانت المسافة التي تفصل بين نقطتين من الحبل P و M تساوي عددا فرديا لنصف طول الموجة :

$$SM - SP = \frac{(2k+1)\lambda}{2} \quad k \in \mathbb{N}$$

فإن النقطتين تهتزتان على تعاكس في الطور .

### III - الإبراز التجريبي لظاهرة حيود موجة ميكانيكية متوالية جيبية

#### 1- ظاهرة الحيود

#### 2 - 1 حيود الموجات الميكانيكية على سطح الماء بواسطة فتحة صغيرة

تجربة :

#### 2 - 2 ظاهرة الحيود

#### 2 - 1 حيود الموجات الميكانيكية على سطح الماء بواسطة فتحة صغيرة

تجربة :

نضع رأسيا في حوض الموجات ، وعلى استقامة واحدة صفيحتين على شكل مستطيل ، مكسوتين بمادة ( قطن أو إسفنج ) ماصة للموجات الواردة . ونقرب الصفيحتين بحيث نحتفظ بفتحة بينهما ، عرض الفتحة هو  $\ell$  .

نحدث على سطح الماء ، بواسطة هزاز ، موجة مستقيمة واردة موازية لسطح الصفيحتين .  
( [animation](#) )

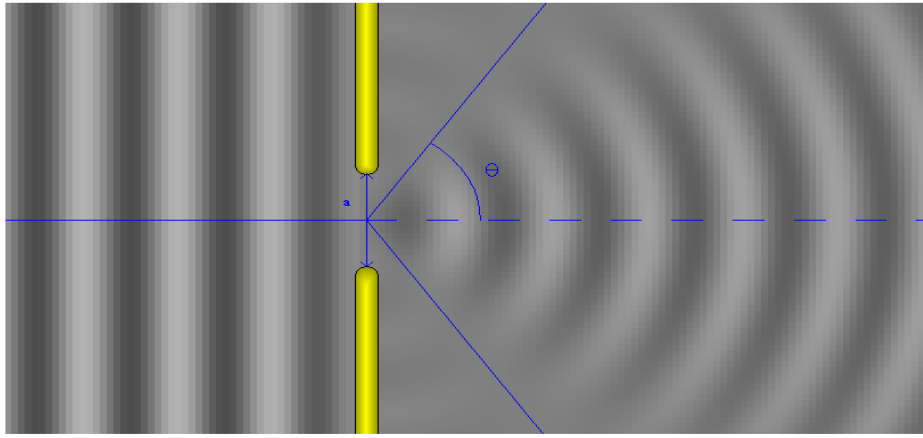
نضبط التردد على 20Hz نغير عرض الفتحة :

الحالة الأولى :  $\ell = 200mm$

الحالة الثانية :  $\ell = 100mm$

ماذا نلاحظ في كل حالة وقارن طول الموجة وعرض الفتحة .

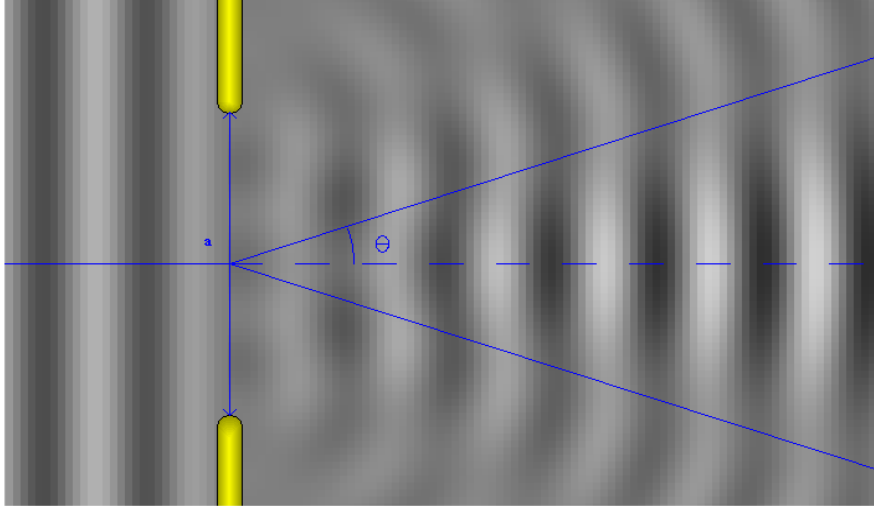
الحالة الأولى :



$$\alpha = 100mm \quad N = 12Hz \\ \lambda = 83,7mm$$

الحالة الثانية :

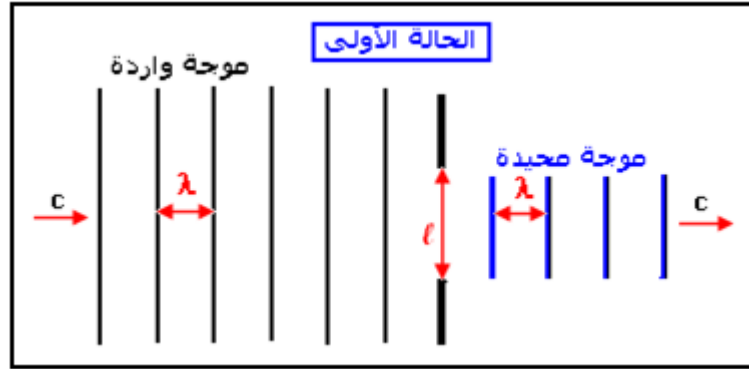
## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية



$$a=260\text{mm} \quad N=12\text{Hz}$$
$$\lambda=83,7\text{mm}$$

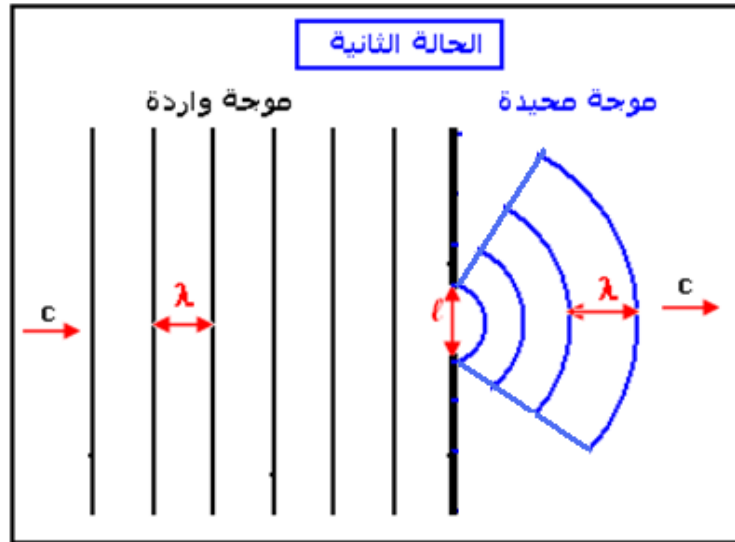
ملاحظات

**الحالة الأولى:**  $\ell \gg \lambda$  . يلاحظ عند إضاءة سطح الماء بومضض ضبط على تردد الومضات التي تظهر توقف الموجات الواردة ، نلاحظ موجة تجتاز الفتحة الصغيرة لتنتشر وراء الصفيحتين الحاجزتين . الفتحة تحد من انتشار الموجة المستقيمة في الوسط الثاني على عرض الفتحة . نقول إن الفتحة تحجب الموجة الواردة .



**الحالة الثانية:**  $\ell \approx \lambda$  نلاحظ تحت الومض ، تولد موجة دائرية عن الموجة المستقيمة الواردة على مستوى الفتحة . فتبدو كأن موجة دائرية منبعثة من منبع وهمي يوجد في الفتحة : نسمي هذه الموجة **بالموجة المحيطة** وهذه التجربة تبرز **ظاهرة الحيود** .

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

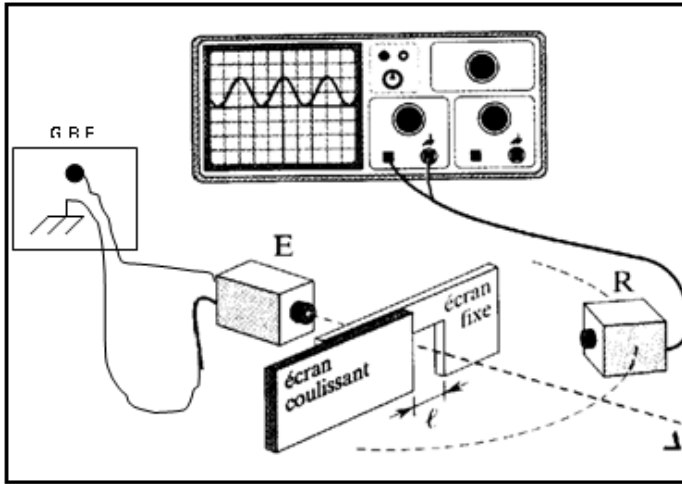


خصائص الموجة المحيطة  
 \* التوقف الظاهري للموجتين الواردة والمحيدة تحت ضوء الوماض ، يدل على أن لهما نفس التردد N  
 \* وبما أنهما ينتشران في نفس الوسط إذن لهما نفس سرعة الانتشار C وبالتالي فلهما نفس طول الموجة  $\lambda$  .

خلاصة :

يحدث حيود موجة واردة على مستوى فتحة عندما يكون عرض الفتحة  $l$  وطول الموجة  $\lambda$  من نفس رتبة القدر .

للموجتين الواردة والمحيدة نفس سرعة الانتشار c ونفس التردد N ونفس طول الموجة  $\lambda$



### 2 - 2 حيود الموجات الصوتية لسماع ضحج من خارج الحجرة لا نحتاج الا لنافذة شبه مفتوحة كيف نفسر هذه الظاهرة ؟

تجربة : حيود الموجات فوق الصوتية  
 ننجز التركيب التجريبي جانبه بحيث  
 أن E مولد باعث للموجات فوق  
 الصوتية مرتبط بولد لترددات  
 المنخفضة GBF و R مستقبل  
 بإمكانه التقاط الموجات فوق  
 الصوتية ومرتبطة براسم التذبذب  
 والذي يمكن من معاينة هذه  
 الموجات .

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

نثبت التردد على القيمة  $\nu = 40\text{KHz}$

1 - أحسب طول الموجة  $\lambda$  إذا علمت أن سرعة انتشار الموجة فوق الصوتية في الهواء هي  $V = 340\text{m/s}$

$$\lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{340}{40 \cdot 10^3} = 8,5\text{mm}$$

الحالة الأولى ، غياب الحاجز

نضع الباعث E و المستقبل R على نفس الاستقامة حيث  $\theta = 0$  ونسجل وسع التذبذبات المعايين على الشاشة A ونضبطه على القيمة القصوية .

نحرك المستقبل على قوس من دائرة مدرج بالدرجات ونقيس بالنسبة لكل زاوية  $\alpha_i$  الوسع  $A_i$  ونسجل النتائج في الجدول التالي :

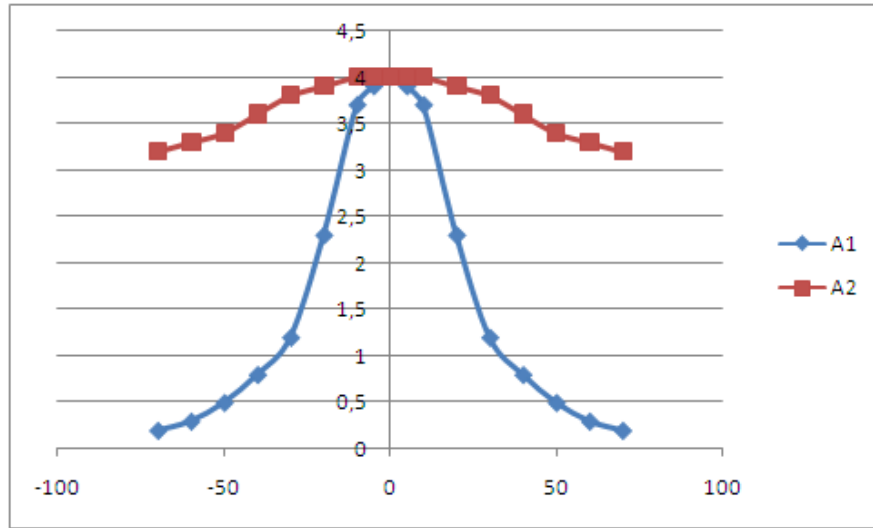
| $\alpha_i$ (°) | 0   | 5   | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $A_i$          | 4,0 | 3,9 | 3,7 | 2,3 | 1,2 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |

1 - هل من الضروري القيام بالقياسات بالنسبة للزوايا المنتمية إلى المجال  $[0; -70^\circ]$  ؟

لا داعي للقيام بالقياسات للزوايا المنتمية إلى المجال  $[0; -70^\circ]$  لكون أن القوس من الدائرة مثنائل بالنسبة للمحور  $x'x$  ، أي أننا سنحصل على نفس القيم بالنسبة للزوايا السالبة .

2 - مثل على ورق مليمتري المنحنى  $A_i = f(\alpha_i)$  بالنسبة للمجال  $[+70^\circ; -70^\circ]$

ماذا تستنتج ؟



تنتشر الموجات فوق الصوتية داخل مخروط ضيق وحسب التمثيل البياني ل  $A_i = f(\alpha_i)$  تكون قمته ضيقة . أي أن انتشار الموجات فوق الصوتية موجة .

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

الحالة الثانية : نضع الحاجز بين E و R حيث يحتوي على فتحة عرضها قابل للتغيير  
نضبط عرض الفتحة على القيمة  $l = 9\text{mm}$   
ونعيد نفس التجربة السابقة وندون النتائج في الجداول التالية :  
 $l = 9\text{mm}$

|                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\alpha_i (^\circ)$ | 0   | 5   | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  |
| $A_i$               | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.9 | 3.8 | 3.6 | 3.4 | 3.3 | 3.2 |

1 - مثل على ورق مليمترى المنحنى  $A_i = f(\alpha_i)$  بالنسبة للمجال  $[-70^\circ; +70^\circ]$  بالنسبة لكل حالة  
ماذا تستنتج ؟

نستنتج أنه بالنسبة ل  $\lambda \approx l$  تصبح انتشار الموجة غير موجه أي أن هناك حدوث ظاهرة حيود  
الموجة فوق الصوتية

2 - أحسب  $\frac{\lambda}{l}$  . ماذا تستنتج ؟

$$\frac{\lambda}{l} = \frac{8,5}{9} = 0,94\text{rad} = 53,8^\circ$$

3 - متى يمكن القول أن الموجات فوق الصوتية موجهة ؟ ومحيدة ؟  
تكون الموجات فوق الصوتية موجهة إذا كانت  $\lambda \gg l$  . وبالتالي فلا يحدث لها حيود .

وتكون محيدة إذا كانت  $\lambda = l$  حيث تتحقق العلاقة التالية :  $\theta = \frac{\lambda}{l}$  أنظر الدرس حيود موجة ضوئية

### 3 - ظاهرة تبدد موجة ميكانيكية Phénomène de dispersion

**تجربة :**

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نترك قطرة من ماء تسقط خلال مدد زمنية  
متتالية ومتساوية .

نقيس المدة المستغرقة خلال سقوط عشر قطرات من الماء ونستنتج التردد N  
نقيس المسافة الفاصلة بين ذروتي موجتين متتاليتين والتي تمثل طول الموجة  $\lambda$   
ونحسب V سرعة انتشار الموجة على سطح الماء  
ونعيد نفس العملية بالنسبة لترددات مختلفة .

|                     |       |       |        |
|---------------------|-------|-------|--------|
| N(Hz)               | 0,882 | 0,80  | 0,523  |
| $\lambda(\text{m})$ | 0,025 | 0,021 | 0,0141 |
| V(m/s)              | 0,022 | 0,016 | 0,074  |

1 - أتمم الجدول أعلاه

2 - نعرف الوسط المبدد بكونه وسطا تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بتردها . هل الماء وسط  
مبدد ؟ علل إجابتك .

من خلال الجدول يتبين أن سرعة انتشار الموجة تتعلق بتردها وبالتالي فإن الماء وسطا مبددا  
للموجات الميكانيكية .

## الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

استنتاج : عندما تتعلق  $v$  سرعة انتشار موجة متوالية على سطح الماء بالتردد  $N$  و هو يساوي تردد المنبع . نقول أن الوسط مبدد .